

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 2 月 1 2 日
Date of Application:

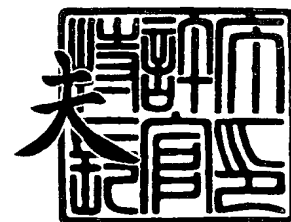
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 3 3 7 3 4
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 0 3 3 7 3 4]

出 願 人 トヨタ自動車株式会社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 1 月 2 0 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 9 6 2 1 2

【書類名】 特許願

【整理番号】 1024901

【提出日】 平成15年 2月12日

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【国際特許分類】 F02D 13/02

【発明の名称】 内燃機関の吸気制御装置

【請求項の数】 6

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

【氏名】 永楽 玲

【特許出願人】

【識別番号】 000003207

【氏名又は名称】 トヨタ自動車株式会社

【代理人】

【識別番号】 100077517

【弁理士】

【氏名又は名称】 石田 敬

【電話番号】 03-5470-1900

【選任した代理人】

【識別番号】 100092624

【弁理士】

【氏名又は名称】 鶴田 準一

【選任した代理人】

【識別番号】 100123582

【弁理士】

【氏名又は名称】 三橋 真二

【選任した代理人】

【識別番号】 100082898

【弁理士】

【氏名又は名称】 西山 雅也

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008268

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0211566

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 内燃機関の吸気制御装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 吸気弁及び排気弁の少なくとも一方の開弁特性を制御する開弁特性制御手段と、吸気圧を制御する吸気圧制御手段とを有して、上記開弁特性と上記吸気圧とを制御することによって吸気量を制御する内燃機関の吸気制御装置において、

予め定めた時間経過後の目標吸気量を決定する目標吸気量決定手段と、

上記開弁特性制御手段によって予め定めた時間内に実現可能な開弁特性の範囲を決定する手段と、

上記吸気圧制御手段によって予め定めた時間内に実現可能な吸気圧の範囲を決定する手段とを有して、

上記開弁特性及び上記吸気圧が、上記開弁特性制御手段及び上記吸気圧制御手段によって、上記目標吸気量に基づいて各々の上記実現可能範囲内において設定される目標開弁特性及び目標吸気圧になるように制御される、内燃機関の吸気制御装置。

【請求項 2】 上記目標吸気量を実現する開弁特性及び吸気圧を予め定めた方法により推定する手段を有して、該手段により推定された開弁特性及び吸気圧が共に各々の上記実現可能範囲内にある時には、上記推定された開弁特性及び吸気圧が上記目標開弁特性及び上記目標吸気圧として設定される一方、

上記推定された開弁特性と吸気圧のうちの少なくとも一方が、各々の上記実現可能範囲内には、各々の上記実現可能範囲内における開弁特性及び吸気圧であって、吸気量が最も上記目標吸気量に近づく、もしくは、吸気量が上記目標吸気量になる開弁特性及び吸気圧が上記目標開弁特性及び上記目標吸気圧として設定される、請求項 1 に記載の内燃機関の吸気制御装置。

【請求項 3】 上記の予め定めた時間内に実現可能な開弁特性の範囲を決定する際には、内燃機関の運転に関連する追加的な制約が考慮される、請求項 1 または 2 に記載の内燃機関の吸気制御装置。

【請求項 4】 上記の内燃機関の運転に関連する追加的な制約は、吸排気弁

の位置関係や開弁特性を含む、請求項 3 に記載の内燃機関の吸気制御装置。

【請求項 5】 上記の予め定めた時間内に実現可能な吸気圧の範囲を決定する際には、内燃機関の運転に関連する追加的な制約が考慮される、請求項 1 から 4 の何れか一項に記載の内燃機関の吸気制御装置。

【請求項 6】 上記の内燃機関の運転に関連する追加的な制約が、吸気圧を予め定めた圧力以下に維持することを含んでいる請求項 5 に記載の内燃機関の吸気制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は内燃機関の吸気制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

吸気弁及び排気弁の少なくとも一方の開弁特性を制御する可変動弁機構と、吸気圧を制御するスロットル弁とを有して、上記開弁特性と上記スロットル弁の開度（より詳細には、吸気圧）とを協調制御することによって燃焼室内に吸入される空気量（以下、「吸気量」と言う）を制御するようにした内燃機関の吸気制御装置が公知である。

【0003】

この種の吸気制御装置においては、バルブスプリングの特性変化や、汚れによるフリクションの変化等によって、開弁あるいは閉弁の指令に対する開弁あるいは閉弁動作の遅れ時間（動作遅れ時間）が各気筒間でばらついたり、また、上記動作遅れ時間が 1 つの気筒で吸気毎に変動してしまう場合がある。そして、これによって、吸気量が時間的に変動したり、各気筒間で吸気量にばらつきが生じることがある。

【0004】

これに対し、特許文献 1 には、上記のような吸気量の変動またはばらつきを抑制する方法として、スロットル弁の開度を絞って吸気圧を低下させることにより同量の空気を吸入する際の吸気弁の開弁時間を長くし、上記動作遅れ時間の開弁

時間全体に対する割合を下げてその影響を小さくするという方法が開示されている。

【0005】

ところで、上記のような吸気制御装置においては、一般に内燃機関の運転状態から目標吸気量が決定され、次いでこの目標吸気量を実現する開弁特性や吸気圧が推定される。この開弁特性や吸気圧の推定においては、予め定められた方法により、例えば、上記目標吸気量を実現し且つ内燃機関の運転状態に応じて燃費、エミッション、トルク変動等の条件が複合的に最適となる開弁特性及び吸気圧が推定される。そして、このようにして推定された開弁特性や吸気圧を目標制御値として、吸気弁や排気弁の開弁特性やスロットル弁の開度が制御される。

【0006】

しかしながら、実際には上述したような動作遅れや可変動弁機構の作動性能上の要因等で、上記開弁特性や吸気圧が所定時間（例えば、制御周期）内に上記目標制御値に達することができない場合や、機構上の要因等で上記開弁特性や吸気圧が上記目標制御値に達することができない場合等がある。

【0007】

そして、このような場合に結果的にとることになる開弁特性や吸気圧は、必ずしも吸気量の点で最適なものではないことがある。すなわち、例えば、上記所定時間内に実現可能な開弁特性や吸気圧の範囲内に、上記目標吸気量もしくは上記目標吸気量により近い吸気量を実現できる開弁特性や吸気圧が存在する場合がある。つまり、このような場合には、吸気量をより好適に制御する余地が存在することになる。そして、上記特許文献1においてはこのような問題については全く指摘されておらず、したがって何ら検討されていない。

【0008】

【特許文献1】

特開2000-204983号公報

【特許文献2】

特開2001-159341号公報

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、上記問題に鑑みてなされたもので、その目的は、吸気弁及び排気弁の少なくとも一方の開弁特性と吸気圧とを制御することによって吸気量を制御する内燃機関の吸気制御装置において、吸気量がより好適に制御される内燃機関の吸気制御装置を提供することである。

【0 0 1 0】**【課題を解決するための手段】**

本発明は、上記課題を解決するための手段として、特許請求の範囲の各請求項に記載された内燃機関の吸気制御装置を提供する。

1 番目の発明は、吸気弁及び排気弁の少なくとも一方の開弁特性を制御する開弁特性制御手段と、吸気圧を制御する吸気圧制御手段とを有していて、上記開弁特性と上記吸気圧とを制御することによって吸気量を制御する内燃機関の吸気制御装置において、予め定めた時間経過後の目標吸気量を決定する目標吸気量決定手段と、上記開弁特性制御手段によって予め定めた時間内に実現可能な開弁特性の範囲を決定する手段と、上記吸気圧制御手段によって予め定めた時間内に実現可能な吸気圧の範囲を決定する手段とを有していて、上記開弁特性及び上記吸気圧が、上記開弁特性制御手段及び上記吸気圧制御手段によって、上記目標吸気量に基づいて各々の上記実現可能範囲内において設定される目標開弁特性及び目標吸気圧になるように制御される、内燃機関の吸気制御装置を提供する。

【0 0 1 1】

制御の目標となる開弁特性及び吸気圧、すなわち目標開弁特性及び目標吸気圧を上記予め定めた時間内に実現可能な範囲を考慮せずに設定した場合、設定された目標開弁特性及び目標吸気圧が上記実現可能な範囲内にはない時には、制御の結果としてとることになる開弁特性及び吸気圧によって実現される吸気量は、目標吸気量とは相当に異なる場合がある。そしてこのような場合に、上記実現可能な範囲内における別の開弁特性及び吸気圧とすれば上記目標吸気量が実現できる、もしくは上記目標吸気量により近い吸気量とすることができる場合がある。

【0 0 1 2】

本発明によれば、上記目標開弁特性及び上記目標吸気圧が目標吸気量を考慮し

つつ、予め定めた時間内に実現可能な範囲内において設定され、開弁特性及び吸気圧がその目標開弁特性及び目標吸気圧になるように制御されるので、上記目標開弁特性及び上記目標吸気圧が実現できずに、吸気量が意図しない吸気量となってしまうことが防止される。つまり、上記目標開弁特性及び目標吸気圧を適切に設定することにより、上記の予め定めた時間内に実現できる範囲において最適な吸気量となる制御を確実に実施することができ、結果として吸気量がより好適に制御される。

なお、本明細書において開弁特性とは、バルブリフト量、作用角、弁の開閉タイミングのうちの一つ、もしくは複数のものを意味する。

【0013】

2番目の発明は1番目の発明において、上記目標吸気量を実現する開弁特性及び吸気圧を予め定めた方法により推定する手段を有していて、該手段により推定された開弁特性及び吸気圧が共に各々の上記実現可能範囲内にある時には、上記推定された開弁特性及び吸気圧が上記目標開弁特性及び上記目標吸気圧として設定される一方、上記推定された開弁特性と吸気圧のうちの少なくとも一方が、各々の上記実現可能範囲内にない時には、各々の上記実現可能範囲内における開弁特性及び吸気圧であって、吸気量が最も上記目標吸気量に近づく、もしくは、吸気量が上記目標吸気量になる開弁特性及び吸気圧が上記目標開弁特性及び上記目標吸気圧として設定される。

【0014】

上記目標吸気量に対する開弁特性及び吸気圧は、例えば、上記目標吸気量を実現し且つ内燃機関の運転状態に応じて燃費、エミッション、トルク変動等の条件が複合的に最適となる開弁特性及び吸気圧が求まるように予め定めた方法によって推定される。しかしながら、このようにして推定された開弁特性及び吸気圧は必ずしも上記の予め定めた時間内に実現可能なものではない。そして、このような場合に上記のような予め定められた方法により推定された開弁特性及び吸気圧を目標開弁特性及び目標吸気圧とすると、1番目の発明に関連して述べたような不都合が生じる場合がある。

【0015】

本発明によれば、予め定めた方法により推定された開弁特性と吸気圧のうちの少なくとも一方が、各々の上記実現可能範囲内にない時には、上記目標開弁特性及び上記目標吸気圧が各々の上記実現可能範囲内において、吸気量が最も上記目標吸気量に近づくように、もしくは、吸気量が上記目標空気量になるように設定されるので、1番目の発明と同様、上記の予め定めた時間内に実現できる範囲において最適な吸気量となる制御を確実に実施することができ、結果として吸気量がより好適に制御される。

【0016】

3番目の発明は1番目または2番目の発明において、上記の予め定めた時間内に実現可能な開弁特性の範囲を決定する際には、内燃機関の運転に関連する追加的な制約が考慮される。

上記開弁特性制御手段の機構上及び作動性能上は実現可能な開弁特性であっても、その開弁特性を実現することが、例えば内燃機関の運転上好ましくない場合がある。本発明によれば、このような制約を考慮することができるので、吸気制御に起因して生じ得る様々な不都合の発生を抑制することができる。

【0017】

4番目の発明は3番目の発明において、上記の内燃機関の運転に関連する追加的な制約は、吸排気弁の位置関係や開弁特性を含む。

本発明によれば、吸気制御に起因して生じ得る内燃機関の運転上の不都合等の発生を抑制することができる。例えば、上記の内燃機関の運転に関連する追加的な制約として、バルブオーバーラップ量を予め定めた量以下にすることを含めることで、吸気弁への付着デポジット量の低減を図ることができる。また、上記の内燃機関の運転に関連する追加的な制約として、吸気弁の開位置を予め定めた位置よりも遅くならないようにすること、もしくは吸気弁の閉位置を予め定めた位置よりも遅くならないようにすることを含めることにより、ノッキングの抑制が図られる。

【0018】

5番目の発明は1番目から4番目の何れかの発明において、上記の予め定めた時間内に実現可能な吸気圧の範囲を決定する際には、内燃機関の運転に関連する

追加的な制約が考慮される。

6 番目の発明は 5 番目の発明において、上記の内燃機関の運転に関連する追加的な制約が、吸気圧を予め定めた圧力以下に維持することを含んでいる。

【 0 0 1 9 】

5 番目及び 6 番目の発明によっても、吸気制御に起因して生じ得る様々な不都合の発生を抑制することができる。特に、6 番目の発明によれば、吸気制御の都合によって吸気圧が予め定めた圧力よりも高くなることが防止されるので、例えば、ブレーキアシスト機構等の吸気圧が負圧であることを利用する構成を有している場合、上記予め定めた圧力を適切に設定することによって、これらの構成の良好な作動を維持することができる。

【 0 0 2 0 】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して、本発明の実施形態について詳細に説明する。尚、図面において、同一又は類似の構成要素には共通の参照番号を付す。

【 0 0 2 1 】

図 1 は本発明の一実施形態の吸気制御装置を適用した内燃機関を示す概略構成図であり、図 2 は図 1 に示した内燃機関の吸気系等の詳細図である。図 1 及び図 2 において、1 は内燃機関本体、2 は吸気弁、3 は排気弁、4 は吸気弁を開閉させるためのカム、5 は排気弁を開閉させるためのカム、6 は吸気弁用カム 4 を担持しているカムシャフト、7 は排気弁用カム 5 を担持しているカムシャフトである。

【 0 0 2 2 】

図 3 は図 1 に示した吸気弁用カム 4 及びカムシャフト 6 の詳細図である。図 3 に示すように、本実施形態のカム 4 のカムプロファイルは、カムシャフト中心軸線の変化している。つまり、本実施形態のカム 4 は、図 3 の左端のノーズ高さが右端のノーズ高さよりも大きくなっている。すなわち、本実施形態の吸気弁 2 のバルブリフト量は、バルブリフタがカム 4 の左端と接している時よりも、バルブリフタがカム 4 の右端と接している時の方が小さくなる。

【 0 0 2 3 】

また、本実施形態においては、このようなバルブリフト量の変化に伴って、吸気弁 2 の開弁期間に対応する作用角についても変化する。すなわち、本実施形態の吸気弁 2 の作用角は、バルブリフト量が大きい時（すなわち、バルブリフトがカム 4 の左端と接している時）よりも、バルブリフト量が小さい時（すなわち、バルブリフトがカム 4 の右端と接している時）の方が小さくなる。

【0024】

再び図 1 及び図 2 の説明に戻ると、8 は気筒内に形成された燃焼室、9 はバルブリフト量及び作用角を変更するために吸気弁 2 に対してカム 4 をカムシャフト中心軸線方向に移動させるためのカム移動装置である。つまり、カム移動装置 9 を作動させることにより、カム 4 の左端（図 3）においてカム 4 とバルブリフトとを接触させたり、カム 4 の右端（図 3）においてカム 4 とバルブリフトとを接触させたりすることができる。カム移動装置 9 を作動させることによって吸気弁 2 のバルブリフト量が増加されると、それに伴って吸気弁 2 の開口面積が増加されることになる。本実施形態の吸気弁 2 では、バルブリフト量が増加されるに従って吸気弁 2 の開口面積が増加する。10 はカム移動装置 9 を駆動するためのドライバである。

【0025】

一方、11 は吸気弁 2 のバルブリフト量及び作用角を変更することなく開閉タイミングをシフトさせるための開閉タイミングシフト装置である。つまり、開閉タイミングシフト装置 11 を作動することにより、吸気弁 2 の開閉タイミングを進角側にシフトさせたり、遅角側にシフトさせたりすることができ、これによってバルブオーバーラップ量の調整を行うこともできる。12 は開閉タイミングシフト装置 11 を作動するための油圧を制御するオイルコントロールバルブである。

【0026】

13 はクランクシャフト、14 はオイルパン、15 は燃料噴射弁、16 は吸気弁 2 のバルブリフト量及び作用角、並びに開閉タイミングシフト量を検出するための開弁特性センサ、17 は機関回転数を検出するためのセンサである。18 は気筒内に吸入空気を供給する吸気管内の圧力（以下、「吸気圧」と言う）を検出

するための吸気圧センサ、19はエアフローメータ、20は内燃機関冷却水の温度を検出するための冷却水温センサ、21は気筒内に供給される吸入空気の吸気管内における温度（以下、「吸気温」と言う）を検出するための吸気温センサ、22はECU（電子制御装置）である。50はシリンダ、51、52は吸気管、53はサージタンク、54は排気管、55は点火栓、56はスロットル弁である。本実施形態において、スロットル弁56の開度はアクセルペダルの踏込み量（以下、「アクセル踏込み量」と言う）とは無関係に変更することができ、スロットル弁開度を調整することで吸気圧が制御される。

【0027】

本実施形態では、燃焼室8内に吸入される空気量、すなわち吸気量が、吸気弁2の開弁特性とスロットル弁56の開度（より詳細には、吸気圧）とを協調制御することによって制御される。なお、他の実施形態では、これらに加え、アイドルスピードコントロールバルブ（図示なし）の開度を制御することによって吸気量を制御するようにしてもよい。

【0028】

図4は、図1に示したカム移動装置9等の詳細図である。図4において、30は吸気弁用カムシャフト6に連結された磁性体、31は磁性体30を左側に付勢するためのコイル、32は磁性体30を右側に付勢するための圧縮ばねである。コイル31に対する通電量が増加されるに従って、カム4及びカムシャフト6が左側に移動する量が増加し、吸気弁2のバルブリフト量及び作用角が減少せしめられることになる。

【0029】

図5は、カム移動装置9が作動されるのに伴って吸気弁2のバルブリフト量及び作用角が変化する様子を示した図である。図5に示すように、コイル31に対する通電量が減少されるに従って、吸気弁2のバルブリフト量及び作用角が増加せしめられる（実線→破線→一点鎖線）。また、本実施形態では、カム移動装置9が作動されるのに伴って、吸気弁2のバルブリフト量がピークとなるタイミングも変更せしめられる。より詳細には、図5に示されているように、吸気弁2のバルブリフト量が増加せしめられるのに伴って、吸気弁2のバルブリフト量がピ

ークとなるタイミングが遅角せしめられる。

【0030】

図6は図1に示した開閉タイミングシフト装置11等の詳細図である。図6において、40は吸気弁2の開閉タイミングを進角側にシフトさせるための進角側油路、41は吸気弁2の開閉タイミングが遅角側にシフトさせるための遅角側油路、42はオイルポンプである。進角側油路40内の油圧が増加されるに従い、吸気弁2の開閉タイミングが進角側にシフトせしめられる。つまり、クランクシャフト13に対するカムシャフト6の回転位相が進角せしめられる。一方、遅角側油路41の油圧が増加されるに従い、吸気弁2の開閉タイミングが遅角側にシフトせしめられる。つまり、クランクシャフト13に対するカムシャフト6の回転位相が遅角せしめられる。

【0031】

図7は、開閉タイミングシフト装置11が作動されるのに伴って吸気弁の開閉タイミングがシフトする様子を示した図である。図7に示すように、進角側油路40内の油圧が増加されるに従って吸気弁2の開閉タイミングが進角側にシフトされる（実線→破線→一点鎖線）。この時、吸気弁2の作用角は変更されない。

【0032】

なお、本実施形態では、カム移動装置9及び開閉タイミングシフト装置11によって吸気弁2の開弁特性のみが変更され、排気弁3の開弁特性は変更されていないが、他の実施形態では、排気弁用のカム移動装置及び開閉タイミングシフト装置を設けることによって排気弁3の開弁特性を変更できるようにすることも可能である。この場合、バルブオーバーラップ量の調整幅をより大きくすることができる。また、本実施形態では、吸気弁2及び排気弁3がカム4、5によって機械的に駆動されているが、他の実施形態においては、吸気弁及び排気弁の両方または一方を電磁的に駆動するようにしてもよい。

【0033】

上述したように、本実施形態の吸気制御装置においては、開弁特性制御手段であるカム移動装置9と開閉タイミングシフト装置11によって吸気弁2の開弁特性を制御することができ、吸気圧制御手段であるスロットル弁56によって吸気

圧を制御することができる。そして、この開弁特性と吸気圧とを協調制御することによって吸気量が制御される。以下では、その具体的な方法について図8のフローチャートを参照しつつ説明する。

【0034】

図8は、本実施形態の吸気制御装置における吸気量制御の制御ルーチンを示すフローチャートである。本制御ルーチンはECU22により予め定めた時間、すなわち制御周期 T_s 毎の割込みによって実施される。

本制御ルーチンがスタートすると、まずステップ101において、制御周期 T_s に相当する時間経過後に実現すべき目標吸気量 Q_{a0} が決定される。この目標吸気量 Q_{a0} は、内燃機関の運転状態、より詳細には現在の機関回転数 N_E 及びアクセル踏み込み量 L から求められる要求トルクに基づいて、制御周期 T_s に相当する時間経過後に供給する燃料量と共に決定される。

【0035】

ステップ101で目標吸気量 Q_{a0} が決定されると、続くステップ103において、吸気弁2の仮想目標リフト量 L_{tk} と仮想目標作用角 S_{ak} とが決定される。なお、上述の説明から明らかなように、本実施形態においてはリフト量 L_t と作用角 S_a には一定の関係があり、作用角 S_a が決まればリフト量 L_t も決まるので、実際には仮想目標作用角 S_{ak} がマップを用いて決定される。

【0036】

より詳細には、仮想目標作用角 S_{ak} は、機関回転数 N_E 、目標吸気量 Q_{a0} 、吸気弁2のバルブタイミング（すなわち、基準となる開閉タイミングからの遅角または進角量であって開閉タイミングシフト装置による変位角 e_{vt} ）に対して、燃費、エミッション、トルク変動等の条件が複合的に最適となる作用角 S_a が得られるように作成されたマップに基づいて決定される。このようなマップは事前に実験等によって求められ、ECU22に記憶させておく。

【0037】

なお、上記仮想目標作用角 S_{ak} の決定に際して、上記マップによって求められた作用角 S_a をそのまま仮想目標作用角 S_{ak} とせず、冷却水温度 T_w に応じて補正するようにしてもよい。具体的には例えば、冷却水温度 T_w が低い時には

暖機性向上を目的として、作用角 S_a が一定値 S_{a1} 以上となるように制限を加える場合がある。すなわち、上記マップによって求められた作用角 S_a がこの制限内に入らない場合には、上記 S_{a1} を仮想目標作用角 S_{ak} とする。但し、このような暖機性向上のために加えられた作用角 S_a に関する制限は、後述する吸気圧 P_m との関係で目標吸気量 Q_{ao} もしくは目標吸気量 Q_{ao} により近い吸気量を実現するために取り消される場合がある。

【0038】

ステップ103で仮想目標作用角 S_{ak} （及び仮想目標リフト量 L_{tk} ）が決定されると、続くステップ105において、上記仮想目標作用角 S_{ak} （及び仮想目標リフト量 L_{tk} ）との組合せによって目標吸気量 Q_{ao} を実現できる仮想目標吸気圧 P_{mk} が決定される。

【0039】

ここで上記仮想目標吸気圧 P_{mk} は、目標吸気量 Q_{ao} を実現する吸気圧 P_m を機関回転数 N_E 、作用角 S_a 、目標吸気量 Q_{ao} 等に対して求めたマップを予め作成しておき、これに基づいて求めることもできるが、本実施形態では以下の（1）式によって求める。すなわち、

$$P_{mk} = (b_0 + b_1 \times S_{ak} + b_2 \times S_{ak}^2 + Q_{ao}) / (a_0 + a_1 \times S_{ak}) + C \quad \dots (1)$$

この（1）式は、仮想目標吸気圧 P_{mk} と、仮想目標作用角 S_{ak} や目標吸気量 Q_{ao} との関係を示す式であり、実験的に得られたものである。式中、 a_0 、 a_1 、 b_0 、 b_1 、 b_2 は機関回転数 N_E に基づいて定められる係数であり、 C は機関回転数 N_E 、仮想目標作用角 S_{ak} 、目標吸気量 Q_{ao} に基づいて定められる定数である。係数 a_0 、 a_1 、 b_0 、 b_1 、 b_2 及び定数 C を求めるマップは予め求めてECU22に記憶させておく。

【0040】

ここで定数 C は、仮想目標吸気圧 P_{mk} が上記（1）式の右辺第一項で得られる値に合致しない特異な運転領域についてのみ値をとり、このような特異な運転領域においても上記（1）式によって、より正確に仮想目標吸気圧 P_{mk} が得られるようにするためのものである。このような定数 C を用いることは、実質的に

は仮想目標吸気圧 P_{mk} を求めるにあたって、一部に仮想目標吸気圧 P_{mk} を直接求めるためのマップを併用することに相当するが、これによって上記仮想目標吸気圧 P_{mk} を算出するための (1) 式が複雑化することが回避されている。

【0041】

上記 (1) 式を用いて仮想目標吸気圧 P_{mk} を算出することによって、全ての運転領域において仮想目標吸気圧 P_{mk} を直接求めるマップを使用して仮想目標吸気圧 P_{mk} を求める場合に比べて、マップ検索操作が低減され、制御負荷の軽減を図ることができる。

【0042】

なお、より正確な吸気量制御を実現するために、上記係数 a_0 、 a_1 、 b_0 、 b_1 、 b_2 及び上記定数 C を求めるマップの引数に吸気弁 2 のバルブタイミングを加えてもよい。更に、排気弁 3 の開閉タイミングが可変である実施形態においては、上記係数 a_0 、 a_1 、 b_0 、 b_1 、 b_2 及び上記定数 C を求めるマップの引数に排気弁 3 のバルブタイミングを加えてもよい。あるいは、排気弁 3 のバルブタイミングをマップの引数に加える替わりに、上記 (1) 式の Q_{a0} の部分に排気弁 3 のバルブタイミングに基づいて求められる値 ΔQ_{a0} を加えた値（すなわち、 $Q_{a0} + \Delta Q_{a0}$ ）を代入するようにして、排気弁 3 のバルブタイミングについて加味するようにしてもよい。この方法は、排気弁 3 のバルブタイミングによる吸気量の変化が小さい場合に有効であり、上記係数 a_0 、 a_1 、 b_0 、 b_1 、 b_2 及び上記定数 C を求めるマップの引数を増やさないため、制御負荷の増大を抑制することができる。

【0043】

更に、スワールコントロールバルブ等の燃焼室 8 内に特殊な気流を起こさせる吸気流制御バルブを有している実施形態や、可変吸気管容量装置を備えていて同装置を制御する可変容量バルブを有している実施形態においては、これらバルブの開閉状態に応じて上記係数 a_0 、 a_1 、 b_0 、 b_1 、 b_2 及び上記定数 C を求めるマップを複数有するようにしてもよく、あるいは、これらバルブの開度をマップの引数に加えるようにしてもよい。これにより、吸気流制御バルブや可変吸気管容量装置の吸気量に与える影響を加味することができ、より正確な吸気量制

御が実施可能となる。

【0044】

以上説明したステップ103及びステップ105における工程（仮想目標作用角 S_{ak} 及び仮想目標吸気圧 P_{mk} の決定）は、予め定めた方法によって、上記目標吸気量 Q_{ao} を実現する開弁特性及び吸気圧を推定するプロセスである。続くステップ107及びステップ109においては、予め定めた時間である制御周期 T_s 内に実現が可能な作用角 S_a （及びリフト量 L_t ）及び吸気圧 P_m の範囲が決定される。

【0045】

まず、ステップ107においては制御周期 T_s 内に実現可能な作用角 S_a の範囲 A_s が決定される。範囲 A_s の決定においては少なくとも作用角 S_a の機構上の上限値 S_{amax} 及び下限値 S_{amin} と作動性能上の上限値 S_{apax} 及び下限値 S_{apin} とが考慮される。ここで機構上の上限値 S_{amax} とは、機構上最大となる作用角であり、本実施形態ではカム移動装置9を作動させバルブリフタが図3のカム4の左端に接するようにした場合の作用角である。また、機構上の下限値 S_{amin} とは、機構上最小となる作用角であり、本実施形態ではカム移動装置9によってバルブリフタが図3のカム4の右端に接するようにされた場合の作用角である。

【0046】

一方、作動性能上の上限値 S_{apax} は、現在の作用角を S_{apr} 、カム移動装置9等の応答遅れを含めた作用角変化速度の上限値（符号は作用角を大きくする場合はプラス、作用角を小さくする場合はマイナス）を dS_{amax} とすると、 $S_{apax} = S_{apr} + T_s \cdot dS_{amax}$ で表される。また同様に、作動性能上の下限値 S_{apin} は、カム移動装置9等の応答遅れを含めた作用角変化速度の下限値（符号は作用角を小さくする場合はマイナス、作用角を大きくする場合はプラス）を dS_{amin} とすると、 $S_{apin} = S_{apr} + T_s \cdot dS_{amin}$ で表される。すなわち、作動性能上の上限値 S_{apax} 及び下限値 S_{apin} で表される範囲は、予め定めた時間である制御周期 T_s 内に装置の作動性能上到達可能な作用角の範囲である。

【0047】

上記範囲 A_s は、基本的にはこれら機構上の上限値 S_{amax} 及び下限値 S_{amin} と作動性能上の上限値 S_{apax} 及び下限値 S_{apin} とに基づいて決定される。つまり、機構上の上限値 S_{amax} と作動性能上の上限値 S_{apax} とのうちの小さい方を上記範囲 A_s の上限値 S_{aMAX} とし、機構上の下限値 S_{amin} と作動性能上の下限値 S_{apin} とのうちの大きい方を上記範囲 A_s の下限値 S_{aMIN} とする。

【0048】

なお、機構上実現できない作用角の範囲は当然予め定めた時間である制御周期 T_s 内に実現不可能な範囲であるので、本明細書において予め定めた時間内に実現可能な作用角 S_a の範囲 A_s と言う場合には作動性能上の上限値 S_{apax} 及び下限値 S_{apin} のみではなく、機構上の上限値 S_{amax} 及び下限値 S_{amin} をも考慮した範囲を意味するものとする。

【0049】

また、上記範囲 A_s を決定する際には、更に内燃機関の運転に関連する追加的な制約を考慮するようにしてもよい。すなわち、例えば、カム移動装置 9 等の機構上及び作動性能上は実現可能な吸排気弁の位置関係や開弁特性であっても、そのようにすることが、内燃機関の運転上好ましくない場合がある。そこで、そのような吸排気弁の位置関係や開弁特性とならないように制約を加えることで、吸気制御に起因して生じ得る内燃機関の運転上の不都合等の発生を抑制することができる。ここではすなわち、上記範囲 A_s を決定する際に、内燃機関の運転に関連して作用角の制御範囲に関する追加的な制約が考慮され得る。

【0050】

例えば、吸気弁 2 の開位置が遅くなりすぎた場合にはロッキングが発生しやすくなる。そこで、このようなことを防止すべく、吸気弁 2 の開位置 IVO を予め定めた開位置 IVO_{max} よりも遅くならないようにすることが考えられる。そして、そのためには、進角側をマイナス、遅角側をプラスとして、 $IVO \leq IVO_{max}$ が成立するようにすればよい。ここで、 S_a を吸気弁 2 の作用角、 S_{a0} を吸気弁 2 の開閉タイミングシフト装置 11 が非作動の場合の吸気弁作用角の

中心位置、 $e v t$ を吸気弁 2 の開閉タイミングシフト装置 11 による変位角（進角であればマイナス、遅角であればプラス）とすると、吸気弁 2 の開位置 $I V O$ は、 $I V O = S a 0 - S a / 2 + e v t$ と表すことができる。この式を上記不等式に代入して変形すると、 $S a \geq (S a 0 + e v t - I V O_{\max}) \times 2$ が得られる。

【0051】

これより、吸気弁 2 の開位置 $I V O$ を予め定めた開位置 $I V O_{\max}$ よりも遅くならないようにするためには作用角 $S a$ が $(S a 0 + e v t - I V O_{\max}) \times 2$ 以上であることが必要であることがわかる。したがって、上記範囲 $A s$ を決定する際に、作用角の制御範囲に関する追加的な制約として、吸気弁 2 の開位置 $I V O$ を予め定めた位置 $I V O_{\max}$ よりも遅くならないようにすることを考慮する場合には、上記範囲 $A s$ の下限値 $S a_{\min}$ を決定する際に、機構上の下限値 $S a_{\min}$ と作動性能上の下限値 $S a_{\min}$ とに加え、 $(S a 0 + e v t - I V O_{\max}) \times 2$ の値も比較して、これらのうちで一番大きなものを上記範囲 $A s$ の下限値 $S a_{\min}$ とする。

【0052】

また、吸気弁 2 の閉位置が遅くなりすぎた場合にもノッキングが発生しやすくなる。そこで、このようなことを防止すべく吸気弁 2 の閉位置 $I V C$ を予め定めた閉位置 $I V C_{\max}$ よりも遅くならないようにするという制約を考えると、上述の吸気弁 2 の開位置 $I V O$ の場合とほぼ同様にして、 $S a \leq (I V C_{\max} - S a 0 - e v t) \times 2$ が得られる。

【0053】

これより、吸気弁 2 の閉位置 $I V C$ を予め定めた閉位置 $I V C_{\max}$ よりも遅くならないようにするためには作用角 $S a$ が $(I V C_{\max} - S a 0 - e v t) \times 2$ 以下であることが必要であることがわかる。したがって、上記範囲 $A s$ を決定する際に、作用角の制御範囲に関する追加的な制約として、吸気弁 2 の閉位置 $I V C$ を予め定めた位置 $I V C_{\max}$ よりも遅くならないようにすることを考慮する場合には、上記範囲 $A s$ の上限値 $S a_{\max}$ を決定する際に、機構上の上限値 $S a_{\max}$ と作動性能上の上限値 $S a_{\max}$ とに加え、 $(I V C_{\max} - S a$

$0 - e v t) \times 2$ の値も比較して、これらのうちで一番小さなものを上記範囲 A_s の上限値 $S a M A X$ とする。

【0054】

更に、上記範囲 A_s を決定する際に、作用角の制御範囲に関する追加的な制約として、バルブオーバーラップ量 $O L$ を予め定めた量 $O L m a x$ 以下にすることを考慮する場合には以下のようなになる（なお、ここでは排気弁 3 も開閉タイミングシフト装置により開閉タイミングが変更可能な場合を例にとって説明する）。すなわち、バルブオーバーラップ量 $O L$ を予め定めた量 $O L m a x$ 以下にするためには、 $O L (= X V C - I V O) \leq O L m a x$ が成立するようにすればよい。ここで $X V C$ は排気弁 3 の閉位置である。

【0055】

また、吸気弁 2 の開位置 $I V O$ は上述したように $I V O = S a 0 - S a / 2 + e v t$ と表すことができる。更に、排気弁 3 の閉位置 $X V C$ は、 $X V C 0$ を排気弁 3 の開閉タイミングシフト装置が非作動の場合の排気弁閉位置、 $e v t e x$ を排気弁 3 の開閉タイミングシフト装置による変位角（進角であればマイナス、遅角であればプラス）とすると、 $X V C = X V C 0 + e v t e x$ と表すことができる。そして、これら $I V O$ と $X V C$ の式を上記不等式（すなわち、 $O L (= X V C - I V O) \leq O L m a x$ ）に代入して変形すると、 $S a \leq (O L m a x + S a 0 + e v t - X V C 0 - e v t e x) \times 2$ が得られる。

【0056】

これより、バルブオーバーラップ量 $O L$ を予め定めた量 $O L m a x$ 以下にするためには作用角 $S a$ が $(O L m a x + S a 0 + e v t - X V C 0 - e v t e x) \times 2$ 以下であることが必要であることがわかる。したがって、上記範囲 A_s を決定する際に、作用角の制御範囲に関する追加的な制約として、バルブオーバーラップ量 $O L$ を予め定めた量 $O L m a x$ 以下にすることを考慮する場合には、上記範囲 A_s の上限値 $S a M A X$ を決定する際に、機構上の上限値 $S a m a x$ や作動性能上の上限値 $S a p a x$ 等と共に $(O L m a x + S a 0 + e v t - X V C 0 - e v t e x) \times 2$ の値も比較して、これらのうちで一番小さなものを上記範囲 A_s の上限値 $S a M A X$ とする。なお、バルブオーバーラップ量を予め定めた量以

下にすることで、排気の吸気側への逆流による吸気弁 2 へのデポジットの付着を抑制すること等ができる。

【0057】

ステップ 107 において、機構上の制約及び作動性能上の制約、更には追加的な制約を考慮して、制御周期 T_s 内に実現可能な作用角 S_a の範囲 A_s が決定されると、ほぼ同様にして、続くステップ 109 において制御周期 T_s 内に実現が可能な吸気圧 P_m の範囲 A_p が決定される。同範囲 A_p の決定においては少なくとも吸気圧 P_m の機構上もしくは物理的な上限値 P_{max} 及び下限値 P_{min} とスロットル弁 56 の作動性能上の上限値 P_{mpa} 及び下限値 P_{mpi} とが考慮される。

【0058】

ここで、上記の上限値 P_{max} は、本実施形態はターボチャージャを具備していないため大気圧となる。また、上記の下限値 P_{min} は真空である。一方、作動性能上の上限値 P_{mpa} は、現在の吸気圧を P_{mpr} 、スロットル弁 56 等の応答遅れを含めてスロットル弁 56 を作動させることによって吸気圧を変化させる時の吸気圧変化速度の上限値（符号は吸気圧を高くする場合はプラス、吸気圧を低くする場合はマイナス）を dP_{max} とすると、 $P_{mpa} = P_{mpr} + T_s \cdot dP_{max}$ で表される。また同様に、作動性能上の下限値 P_{mpi} は、スロットル弁 56 等の応答遅れを含めてスロットル弁 56 を作動させることによって吸気圧を変化させる時の吸気圧変化速度の下限値（符号は吸気圧を高くする場合はプラス、吸気圧を低くする場合はマイナス）を dP_{min} とすると、 $P_{mpi} = P_{mpr} + T_s \cdot dP_{min}$ で表される。すなわち、作動性能上の上限値 P_{mpa} 及び下限値 P_{mpi} で表される範囲は、予め定めた時間である制御周期 T_s 内に装置の作動性能上到達可能な吸気圧の範囲である。

【0059】

上記範囲 A_p は、基本的にはこれら機構上もしくは物理的な上限値 P_{max} 及び下限値 P_{min} と作動性能上の上限値 P_{mpa} 及び下限値 P_{mpi} とに基づいて決定される。つまり、上限値 P_{max} と上限値 P_{mpa} とのうちの低い方を上記範囲 A_p の上限値 P_{mMAX} とし、下限値 P_{min} と下限値 P_{mpi}

とのうちの高い方を上記範囲 A_p の下限値 P_{mMIN} とする。

【0060】

なお、上記範囲 A_p に関しても上述した範囲 A_s の場合と同様、本明細書において予め定めた時間内に実現可能な吸気圧 P_m の範囲 A_s と言う場合には作動性能上の上限値 P_{mpax} 及び下限値 P_{mpin} のみではなく、機構上もしくは物理的な上限値 P_{max} 及び下限値 P_{min} をも考慮した範囲を意味するものとする。

【0061】

また、上述した範囲 A_s の場合と同様、上記範囲 A_p を決定する際には、更に内燃機関の運転に関連する追加的な制約を考慮するようにしてもよい。つまり、機構上もしくは物理的な観点及び作動性能上の観点からは実現可能な吸気圧であっても、その吸気圧とすることによって様々な不都合が発生する場合がある。そこで、そのような吸気圧とならないように制約を加えることで、吸気制御に起因して生じ得る様々な不都合の発生を抑制することができる。すなわち、上記範囲 A_p を決定する際に、内燃機関の運転に関連して吸気圧の制御範囲に関する追加的な制約が考慮され得る。

【0062】

例えば、ブレーキアシスト機構や気化燃料のパージ等に吸気圧が負圧であることを利用している場合には、吸気制御の都合によって吸気圧 P_m が予め定めた圧力 P_{mvin} よりも高くなることを防止する必要がある。すなわち、この場合には $P_m \leq P_{mvin}$ が成立するように維持する必要がある。

したがって、上記範囲 A_p を決定する際に、吸気圧の制御範囲に関する追加的な制約として、吸気圧 P_m を予め定めた圧力 P_{mvin} 以下に維持することを考慮する場合には、上記範囲 A_p の上限値 P_{mMAX} を決定する際に、上限値 P_{max} や上限値 P_{mpax} 等と共に P_{mvin} も比較して、これらのうちで一番小さなものを上記範囲 A_p の上限値 P_{mMAX} とする。

【0063】

なお、以上の説明では、作用角や吸気圧の制御範囲に関する追加的な制約として、吸気弁及び排気弁の開閉タイミングシフト装置の作動や吸気圧が負圧である

ことを利用する補機の存在等に関連して設けられる制約を例示したが、本発明はこれに限定されるものではなく、例えば、スワールコントロールバルブ等の他の装置の作動との関連で作用角や吸気圧の制御範囲に関する追加的な制約を設けるようにしてもよい。

【0064】

ステップ109において上記範囲 A_p が決定されると、続くステップ111において、ステップ103で決定された仮想目標作用角 S_{ak} とステップ105で決定された仮想目標吸気圧 P_{mk} とで定まる仮想目標点 KP (S_{ak} , P_{mk}) が、ステップ107で決定された範囲 A_s とステップ109で決定された範囲 A_p とで定まる実現可能領域 A_x (A_s , A_p) 内に含まれるか否かが判定される。

【0065】

ステップ111において、仮想目標点 KP が実現可能領域 A_x 内に含まれると判定された場合には、ステップ113に進み仮想目標点 KP が最終的な目標点 OP とされる。すなわち、仮想目標作用角 S_{ak} が目標作用角 S_{ao} とされると共に仮想目標吸気圧 P_{mk} が目標吸気圧 P_{mo} とされる。そして、ステップ115において、作用角 S_a 及び吸気圧 P_m が目標作用角 S_{ao} 及び目標吸気圧 P_{mo} になるようにカム移動装置9及びスロットル弁56が作動されて制御ルーチンが終了する。

【0066】

図9は、仮想目標点 KP が実現可能領域 A_x 内に含まれる場合、すなわち制御ルーチンがステップ111からステップ113へ進む場合の一例について示した説明図である。図9において横軸は作用角 S_a を表し、縦軸は吸気圧 P_m を表す。一点鎖線で示された四角形が実現可能領域 A_x である。

【0067】

点 GP ($S_{ap r}$, $P_{mp r}$) は、現在すなわち今回の制御ルーチンの実行前における作用角 S_a と吸気圧 P_m の状態を表す点である。曲線 EQ は吸気量が目標吸気量 Q_{ao} となる作用角 S_a と吸気圧 P_m との組合せを表している等吸気量線である。一方、曲線 OM は、燃費、エミッション、トルク変動等の条件が複合

的に最適となる作用角 S_a と吸気圧 P_m との組合せを表している最適動作線である。そして、この図のように通常は（すなわち上述の冷却水温度 T_w に応じて仮想目標作用角 S_{ak} となる値が補正される場合を除き）、上記等吸気量線 EQ と最適動作線 OM との交点が上記仮想目標点 KP (S_{ak} , P_{mk}) となる。すなわち、ステップ 101 からステップ 105 までの工程は、上述の冷却水温度 T_w に応じて仮想目標作用角 S_{ak} となる値が補正される場合を除き、上記等吸気量線 EQ と最適動作線 OM との交点を求めるための工程であると言える。なお、上記等吸気量線 EQ 及び最適動作線 OM は、吸気弁 2 の開閉タイミングシフト装置 11 の作動状態、すなわち開閉タイミングシフト装置 11 による吸気弁 2 の開閉タイミングの変位角等に応じて変化する。

【0068】

図 9 に示した場合は、仮想目標点 KP が実現可能領域 A_x 内に含まれる場合であり、この場合は上述したようにステップ 113 において仮想目標点 KP が最終的な目標点 OP とされる ($OP = KP$)。そして、図 9 中に矢印で示したように、点 GP の状態にあった作用角 S_a と吸気圧 P_m が目標点 OP の状態になるようにカム移動装置 9 及びスロットル弁 56 が作動され、予め定めた時間（本実施形態では制御周期 T_s ）内に目標吸気量 Q_{ao} が実現されて制御ルーチンが終了する。

【0069】

一方、ステップ 111 において、仮想目標点 KP が実現可能領域 A_x 内に含まれていないと判定された場合には、ステップ 117 に進む。ステップ 117 においては、実現可能領域 A_x 内において目標吸気量 Q_{ao} を実現することが可能か否か、すなわち実現可能領域 A_x 内に目標吸気量 Q_{ao} を実現することができる作用角 S_a と吸気圧 P_m との組合せが存在するか否かが判定される。

【0070】

そして、ステップ 117 において、実現可能領域 A_x 内に目標吸気量 Q_{ao} を実現することができる作用角 S_a と吸気圧 P_m との組合せが存在すると判定された場合には、ステップ 119 に進むことになる。ステップ 119 においては、実現可能領域 A_x 内において目標吸気量 Q_{ao} を実現する作用角 S_a と吸気圧 P_m

との組合せのうち最も仮想目標点 KP に近い組合せが選択され、最終的な目標点 OP (S_{ao} , P_{mo}) とされる。次いで、制御はステップ 115 へと進み作用角 S_a 及び吸気圧 P_m が目標作用角 S_{ao} 及び目標吸気圧 P_{mo} になるようにカム移動装置 9 及びスロットル弁 56 が作動されて制御ルーチンが終了する。

【0071】

図 10 は、実現可能領域 A_x 内に目標吸気量 Q_{ao} を実現することができる作用角 S_a と吸気圧 P_m との組合せが存在する場合、すなわち制御ルーチンがステップ 117 からステップ 119 へ進む場合の一例について示した図 9 と同様の説明図である。図 10 に示すような場合においては、上述したようにステップ 119 で、実現可能領域 A_x 内において、目標吸気量 Q_{ao} を実現する作用角 S_a と吸気圧 P_m との組合せのうち最も仮想目標点 KP に近い組合せが選択され、最終的な目標点 OP (S_{ao} , P_{mo}) とされるが、この最も仮想目標点 KP に近い組合せの選択は、等吸気量線 EQ と実現可能領域 A_x の周縁部（一点鎖線で示されている）との二つの交点のうち仮想目標点 KP に近い方を選択することにより行われる。あるいは、制御負荷を軽減するために、仮想目標点 KP とその近傍の点から等吸気量線 EQ を直線近似し、その近似した直線 LQ と実現可能領域 A_x の周縁部（一点鎖線で示されている）との二つの交点のうち仮想目標点 KP に近い方を選択することにより行ってもよい。図 10 には後者の場合が示されており、直線 LQ と実現可能領域 A_x の周縁部を表す一つの直線 $P_m = P_{mMAX}$ との交点が目標点 OP とされている。

【0072】

そして、このようにして目標点 OP の設定がなされると、図 10 中に矢印で示したように、点 GP の状態にあった作用角 S_a と吸気圧 P_m が目標点 OP の状態になるようにカム移動装置 9 及びスロットル弁 56 が作動され、予め定めた時間である制御周期 T_s 内に目標吸気量 Q_{ao} がほぼ実現されて制御ルーチンが終了する。

【0073】

仮に、図 10 に示す場合において仮想目標点 KP をそのまま最終的な目標点 OP とした場合には、予め定めた時間である制御周期 T_s が経過した時点での作用

角 S_a と吸気圧 P_m の状態は最適動作線 OM と実現可能領域 A_x の周縁部を表す一つの直線 $P_m = P_{mMAX}$ との交点付近にあるものと考えられ、この場合に実現される吸気量は目標吸気量 Q_{ao} とは相当に異なるものになってしまう。

【0074】

一方、ステップ 117 において、実現可能領域 A_x 内に目標吸気量 Q_{ao} を実現することができる作用角 S_a と吸気圧 P_m との組合せが存在しないと判定された場合には、ステップ 121 に進むことになる。ステップ 121 においては、実現可能領域 A_x 内において目標吸気量 Q_{ao} に最も近い吸気量を実現する作用角 S_a と吸気圧 P_m との組合せが選択され、最終的な目標点 $OP (S_{ao}, P_{mo})$ とされる。その後、制御はステップ 115 へと進み作用角 S_a 及び吸気圧 P_m が目標作用角 S_{ao} 及び目標吸気圧 P_{mo} になるようにカム移動装置 9 及びスロットル弁 56 が作動されて制御ルーチンが終了する。

【0075】

図 11 は、実現可能領域 A_x 内に目標吸気量 Q_{ao} を実現することができる作用角 S_a と吸気圧 P_m との組合せが存在しない場合、すなわち制御ルーチンがステップ 117 からステップ 121 へ進む場合の一例について示した図 9 及び図 10 と同様の説明図である。図 11 に示したような実現可能領域 A_x 内に目標吸気量 Q_{ao} を実現することができる作用角 S_a と吸気圧 P_m との組合せが存在しない場合においては、上述したようにステップ 121 で、実現可能領域 A_x 内において、目標吸気量 Q_{ao} に最も近い吸気量を実現する作用角 S_a と吸気圧 P_m との組合せが選択され、最終的な目標点 $OP (S_{ao}, P_{mo})$ とされる。図 11 に示した例では、この目標吸気量 Q_{ao} に最も近い吸気量を実現する作用角 S_a と吸気圧 P_m との組合せは実現可能領域 A_x の一つの角部、より詳細には実現可能領域 A_x の周縁部を表す一つの直線 $P_m = P_{mMAX}$ と別の直線 $S_a = S_{aMAX}$ との交点で表され、この点が目標点 OP とされている。

【0076】

そして、このように目標点 OP の設定がなされると、図 11 中に矢印で示したように、点 GP の状態にあった作用角 S_a と吸気圧 P_m が目標点 OP の状態になるようにカム移動装置 9 及びスロットル弁 56 が作動され、予め定めた時間であ

る制御周期 T_s 内に実現可能な範囲において目標吸気量 Q_{a0} に最も近い吸気量が実現されて制御ルーチンが終了する。

【0077】

仮に、図 11 に示す場合において仮想目標点 KP をそのまま最終的な目標点 OP とした場合には、予め定めた時間である制御周期 T_s が経過した時点での作用角 S_a と吸気圧 P_m の状態は、最適動作線 OM と実現可能領域 A_x の周縁部を表す一つの直線 $P_m = P_{mMAX}$ との交点付近にあるものと考えられる。そして、この場合に実現される吸気量と目標吸気量 Q_{a0} との差異は、上述のステップ 121 のように目標点 OP を設定した場合に実現される吸気量と目標吸気量 Q_{a0} との差異に比べ相当に大きくなる。

【0078】

なお、上述したようにステップ 119 及びステップ 121 においては、目標吸気量 Q_{a0} を実現するために、もしくは目標吸気量 Q_{a0} により近い吸気量を実現するために仮想目標点 KP とは異なる目標点 OP が設定される。このため、例えば、仮想目標作用角 S_{ak} が暖機性向上のために補正された値であっても、それとは異なる目標作用角 S_{a0} が設定されることになる。つまり、ステップ 119 及びステップ 121 に進む場合には、ステップ 103 において暖機性向上等のために加えられた作用角 S_a に関する制限は、実現可能な吸気圧 P_m との関係で目標吸気量 Q_{a0} もしくは目標吸気量 Q_{a0} により近い吸気量を実現するために取り消される場合がある（これについては、後に図 13 を参照して更に説明する）。

【0079】

以上、説明したように、本実施形態の吸気制御装置によれば、目標吸気量 Q_{a0} を好適に実現する作用角 S_a 及び吸気圧 P_m として初めに設定される仮想目標作用角 S_{ak} 及び仮想目標吸気圧 P_{mk} のうちの少なくとも一方が各々の上記実現可能範囲 A_s 、 A_p 内には、制御の最終的な目標となる上記目標作用角 S_{a0} 及び目標吸気圧 P_{m0} が、各々の上記実現可能範囲 A_s 、 A_p において、吸気量が最も上記目標吸気量 Q_{a0} に近づくように、もしくは、吸気量が上記目標空気量 Q_a になるように再設定される。このため、上記の予め定めた時間

内に実現できる範囲において最適な吸気量となる制御を確実に実施することができ、結果として吸気量がより好適に制御される。

【0080】

なお、以上の説明においては、吸気弁2のバルブタイミングは内燃機関の運転状態から先に決定されていて、その吸気弁2のバルブタイミングに対応させて目標吸気量 Q_{a0} を実現する仮想目標作用角 S_{ak} 並びに仮想目標吸気圧 P_{mk} を決定する場合を例にとって説明したが、他の実施形態では吸気弁2のバルブタイミングが吸気量制御を目的として積極的に制御されるようにしてもよい。

【0081】

次に、本実施形態の吸気制御装置によって吸気量制御が実施された場合の幾つかの例について、その制御時の吸気量、作用角、吸気圧等の経時変化を示す図を参照しつつ説明する。

まず、図12の場合について説明する。図12は横軸が時間を示し、縦軸は上から吸気量 Q_a 、作用角 S_a 、吸気圧 P_m を示している。吸気量 Q_a を示す部分において細線は目標吸気量 Q_{a0} を示し、太線は実際の吸気量 Q_a を示している。また、作用角 S_a を示す部分において細線は仮想目標作用角 S_{ak} を示し、太線は実際の作用角 S_a もしくは目標作用角 S_{a0} を示している。更に、吸気圧 P_m を示す部分において細線は仮想目標吸気圧 P_{mk} を示し、太線は実際の吸気圧 P_m もしくは目標吸気圧 P_{m0} を示している。なお、細線と太線が重なる部分については太線のみが示されている。

【0082】

図12の場合において、時刻 t_0 から時刻 t_1 までの間は、仮想目標作用角 S_{ak} 及び仮想目標吸気圧 P_{mk} の組合せである仮想目標点 KP が上記実現可能領域 A_x 内にある場合である。この場合、上述したように仮想目標作用角 S_{ak} 及び仮想目標吸気圧 P_{mk} が目標作用角 S_{a0} 及び目標吸気圧 P_{m0} と一致し、これら目標作用角 S_{a0} 及び目標吸気圧 P_{m0} が実現されることで目標吸気量 Q_{a0} が実現されている。

【0083】

時刻 t_1 から時刻 t_2 までの間は、上記仮想目標点 KP が上記実現可能領域 A

x 内になくなった場合であり、且つ、上記実現可能領域 A_x 内に目標吸気量 Q_{ao} を実現することができる作用角 S_a と吸気圧 P_m との組合せが存在する場合である。この場合、上述したように実現可能領域 A_x 内において目標吸気量 Q_{ao} を実現する作用角 S_a と吸気圧 P_m との組合せのうち最も仮想目標点 KP に近い組合せが選択され、最終的な目標点 OP (S_{ao} , P_{mo}) とされる。図 12 の時刻 t_1 から時刻 t_2 までの間の場合について見ると、作用角 S_a については仮想目標作用角 S_{ak} よりも小さい作用角 S_a が目標作用角 S_{ao} とされる一方、吸気圧 P_m については、目標作用角 S_{ao} が小さいことを補うように仮想目標吸気圧 P_{mk} よりも高い吸気圧 P_m が目標吸気圧 P_{mo} とされている。そして、これら目標作用角 S_{ao} 及び目標吸気圧 P_{mo} が実現されることで目標吸気量 Q_{ao} が実現されている。なお、このような制御が行われる場合の具体例としては、作用角 S_a の増加速度が遅いために仮想目標作用角 S_{ak} が実現できない場合等がある。

【0084】

時刻 t_2 以降は、上記仮想目標点 KP が上記実現可能領域 A_x 内にはない場合であり、且つ、上記実現可能領域 A_x 内に目標吸気量 Q_{ao} を実現することができる作用角 S_a と吸気圧 P_m との組合せが存在しない場合である。この場合、上述したように実現可能領域 A_x 内において目標吸気量 Q_{ao} に最も近い吸気量を実現する作用角 S_a と吸気圧 P_m との組合せが選択され、最終的な目標点 OP (S_{ao} , P_{mo}) とされる。

【0085】

図 12 では、時刻 t_2 になると吸気圧 P_m が機構上もしくは物理的な上限値である P_{max} (例えば、大気圧) に達し、吸気圧 P_m を更に上昇させることができなくなっている。このため、目標作用角 S_{ao} が仮想目標作用角 S_{ak} よりも小さくされていることを補いきれず、目標吸気量 Q_{ao} を実現できていない。しかしながら、この時の目標作用角 S_{ao} と目標吸気圧 P_{mo} との組合せは、実現可能領域 A_x 内において目標吸気量 Q_{ao} に最も近い吸気量を実現する作用角 S_a と吸気圧 P_m との組合せである。そして、その後は、作用角 S_a も機構上の上限値である S_{amax} に達し、最後には作用角 S_a が S_{amax} 、吸気圧 P_m が

P_{max} という組合せでその時の目標吸気量 Q_{ao} に最も近い吸気量を実現している。

【0086】

次に、図13の場合について説明する。図13に示されているのは、暖機性向上等のために冷却水温度 T_w に応じて作用角 S_a に関して制限が加えられ仮想目標作用角 S_{ak} となる値が補正される場合であり、且つ、このような作用角 S_a に関する制限が吸気圧 P_m との関係で目標吸気量 Q_{ao} を実現するために取り消される場合である。

【0087】

図13は図12と同様、横軸が時間を示し、縦軸は上から吸気量 Q_a 、作用角 S_a 、吸気圧 P_m を示している。図13に示す場合は、全ての時刻において目標吸気量 Q_{ao} を達成できているため、吸気量 Q_a を示す部分において、目標吸気量 Q_{ao} を示す細線と実際の吸気量 Q_a を示す太線とが重なっている。

【0088】

作用角 S_a を示す部分において細線は仮想目標作用角 S_{ak} を示し、太線は実際の作用角 S_a もしくは目標作用角 S_{ao} を示している。一点鎖線は、上述した作用角 S_a に関する制限が加えられていない場合の仮想目標作用角 S_{ak}' を示している。図13に示す場合においては、暖機性向上等を目的として、作用角 S_a が一定値 S_{a1} 以上となるように制限が加えられている。そして、時刻 t_0 から時刻 t_2 までの間は、上記 S_{ak}' が上記 S_{a1} 未満となるため、仮想目標作用角 S_{ak} が上記 S_{ak}' から上記 S_{a1} に補正されている ($S_{ak} = S_{a1}$: 但し、 $t_0 \leq t \leq t_2$)。

吸気圧 P_m を示す部分において細線は仮想目標吸気圧 P_{mk} を示し、太線は実際の吸気圧 P_m もしくは目標吸気圧 P_{mo} を示している。一点鎖線は、上記作用角 S_{ak}' に対応して目標吸気量 Q_a を実現する吸気圧 P_{mk}' を示している。

【0089】

図13の場合において、時刻 t_0 から時刻 t_1 までの間は、仮想目標作用角 S_{ak} 及び仮想目標吸気圧 P_{mk} の組合せである仮想目標点 KP が上記実現可能領域 A_x 内にない場合であり、且つ、上記実現可能領域 A_x 内に目標吸気量 Q_{ao}

を実現することができる作用角 S_a と吸気圧 P_m との組合せが存在する場合である。この場合、上述したように実現可能領域 A_x 内において目標吸気量 Q_{a0} を実現する作用角 S_a と吸気圧 P_m との組合せのうち最も仮想目標点 KP に近い組合せが選択され、最終的な目標点 OP (S_{a0} , P_{m0}) とされる。

【0090】

図13の時刻 t_0 から時刻 t_1 までの間について見ると、作用角 S_a は暖機性向上等を考慮すれば仮想目標作用角 S_{ak} とすることが望ましいが、それに対応する吸気圧 P_{mk} は、機構上もしくは物理的な下限値である P_{min} 未満となっていて実現不可能である。このため、実現可能領域 A_x 内において目標吸気量 Q_{a0} を実現する作用角 S_a と吸気圧 P_m との組合せのうち最も仮想目標点 KP に近い組合せとして上記 S_{a1} よりも小さい作用角と上記吸気圧 P_{min} が選択され、最終的な目標点 OP (S_{a0} , P_{m0}) とされている。そして、これら目標作用角 S_{a0} 及び目標吸気圧 P_{m0} が実現されることで目標吸気量 Q_{a0} が実現されている。

【0091】

時刻 t_1 以降は、上記仮想目標点 KP が上記実現可能領域 A_x 内にある場合である。この場合、上述したように仮想目標作用角 S_{ak} 及び仮想目標吸気圧 P_{mk} が目標作用角 S_{a0} 及び目標吸気圧 P_{m0} と一致し、これら目標作用角 S_{a0} 及び目標吸気圧 P_{m0} が実現されることで目標吸気量 Q_{a0} が実現されている。

【0092】

次に、図14の場合について説明する。図14は、作用角の制御範囲に関する追加的な制約として、吸気弁2の開位置 IVO を予め定めた開位置 IVO_{max} よりも遅くならないようにするという制約が加えられている場合について示している。図14は横軸が時間を示し、縦軸は上から吸気量 Q_a 、吸気弁2の開閉タイミングの変位角 evt 、作用角 S_a 、吸気弁2の開位置 IVO 、吸気圧 P_m を示している。吸気量 Q_a を除き、二つの制御パターンA及びBにおける値の変化がそれぞれ細線 (A) 及び太線 (B) で示されている。吸気量 Q_a については、何れの制御パターンにおいても同じように変化するので太線のみが示されている。吸気弁2の開位置 IVO を示す部分の一点鎖線は、作用角の制御範囲に関する

追加的な制約として加えられた上記開位置 IVO の限界位置（許容される最も遅角側の位置） IVO_{max} を示している。なお、この IVO_{max} は目標吸気量 Q_a に基づいて決定される。

【0093】

図 14 に示した場合には、時刻 t_1 において吸気弁 2 の開閉タイミングが進角側にシフトされている。このとき、開閉タイミングの変位角 e_{vt} が制御パターン A1 のように変化する場合には、作用角 S_a を制御パターン A2 のように変化させれば、上記開位置 IVO は制御パターン A3 のように変化するため上記限界位置 IVO_{max} を超える、すなわち上記限界位置 IVO_{max} よりも遅角側になることはない。そして、吸気圧 P_m を制御パターン A4 のように変化させることで目標吸気量 Q_{ao} が実現される。

【0094】

一方、開閉タイミングの変位角 e_{vt} が制御パターン B1 のように変化する場合（すなわち、例えば開閉タイミングシフト装置 11 による変位角の変化速度が遅い場合）には、作用角 S_a を制御パターン A2 のように変化させてしまうと、仮に目標吸気量 Q_a が実現できたとしても、上記開位置 IVO が上記限界位置 IVO_{max} を超えてしまう。すなわち、この場合には開閉タイミングの変位角 e_{vt} が制御パターン A1 の場合に比べ遅角側にあるため、作用角 S_a が制御パターン A2 のように変化してもその大きさが上記開位置 IVO が上記限界位置 IVO_{max} よりも進角側に位置するために十分ではないのである。

【0095】

つまり、この場合には作用角 S_a の制御パターン A2 においてとられる値は上述した実現可能範囲 A_s （特に、作用角の制御範囲に関する追加的な制約を考慮した実現可能範囲 A_s ）内にはないことになる。このため、図 14 では、開閉タイミングの変位角 e_{vt} が制御パターン B1 のように変化する場合には、作用角 S_a はこの場合の実現可能範囲 A_s 内にある値をとって制御パターン B2 のように変化せしめられる。この結果、上記開位置 IVO も制御パターン B3 のように変化せしめられ、上記限界位置 IVO_{max} よりも遅角側になることはない。そして、作用角 S_a を制御パターン B2 のように変化させるのに対応して、吸気圧

P_mを制御パターンB4のように変化させることで目標吸気量Q_{a0}が実現される。

【0096】

なお、図14に示した場合は、時刻t₀から時刻t₁、時刻t₁から時刻t₂及び時刻t₂以降の全ての時刻において制御パターンA、Bの何れの場合も目標吸気量Q_{a0}が実現されている。したがって、図14に示した作用角S_aと吸気圧P_mの制御は、制御パターンA、Bの何れの時刻においても、上記仮想目標点K_Pが上記実現可能領域A_x内にある場合か、あるいは、上記仮想目標点K_Pは上記実現可能領域A_x内にはないが、上記実現可能領域A_x内に目標吸気量Q_{a0}を実現することができる作用角S_aと吸気圧P_mとの組合せが存在する場合の何れかに該当する。

【0097】

【発明の効果】

各請求項に記載の発明は、吸気弁及び排気弁の少なくとも一方の開弁特性と吸気圧とを制御することによって吸気量を制御する内燃機関の吸気制御装置において、吸気量をより好適に制御することができるという共通の効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】

図1は、本発明の一実施形態の吸気制御装置を適用した内燃機関を示す概略構成図である。

【図2】

図2は、図1に示した内燃機関の吸気系等の詳細図である。

【図3】

図3は、図1に示した吸気弁用カム及びカムシャフトの詳細図である。

【図4】

図4は、図1に示したカム移動装置等の詳細図である。

【図5】

図5は、カム移動装置が作動されるのに伴って吸気弁のバルブリフト量及び作用角が変化する様子を示した図である。

【図 6】

図 6 は、図 1 に示した開閉タイミングシフト装置等の詳細図である。

【図 7】

図 7 は、開閉タイミングシフト装置が作動されるのに伴って吸気弁の開閉タイミングがシフトする様子を示した図である。

【図 8】

図 8 は、本発明の一実施形態の吸気制御装置における吸気量制御の制御ルーチンを示すフローチャートである。

【図 9】

図 9 は、仮想目標点 KP が実現可能領域 A_x 内に含まれる場合、すなわち図 8 に示した制御ルーチンにおいてステップ 111 からステップ 113 へ進む場合の一例について示した説明図である。

【図 10】

図 10 は、実現可能領域 A_x 内に目標吸気量 Q_{ao} を実現することができる作用角 S_a と吸気圧 P_m との組合せが存在する場合、すなわち図 8 に示した制御ルーチンにおいてステップ 117 からステップ 119 へ進む場合の一例について示した図 9 と同様の説明図である。

【図 11】

図 11 は、実現可能領域 A_x 内に目標吸気量 Q_{ao} を実現することができる作用角 S_a と吸気圧 P_m との組合せが存在しない場合、すなわち図 8 に示した制御ルーチンにおいてステップ 117 からステップ 121 へ進む場合の一例について示した図 9 及び図 10 と同様の説明図である。

【図 12】

図 12 は、本発明の一実施形態の吸気制御装置によって吸気量制御が実施された場合の一例について、その制御時の吸気量 Q_a 、作用角 S_a 、吸気圧 P_m の経時変化を示している図である。

【図 13】

図 13 は、本発明の一実施形態の吸気制御装置によって吸気量制御が実施された場合の別の例についての図 12 と同様の図である。

【図 14】

図 14 は、本発明の一実施形態の吸気制御装置によって吸気量制御が実施された場合の更に別の例について、その制御時の吸気量 Q_a 、吸気弁の開閉タイミングの変位角 e_{vt} 、作用角 S_a 、吸気弁の開位置 IVO 、吸気圧 P_m の経時変化を示している図である。

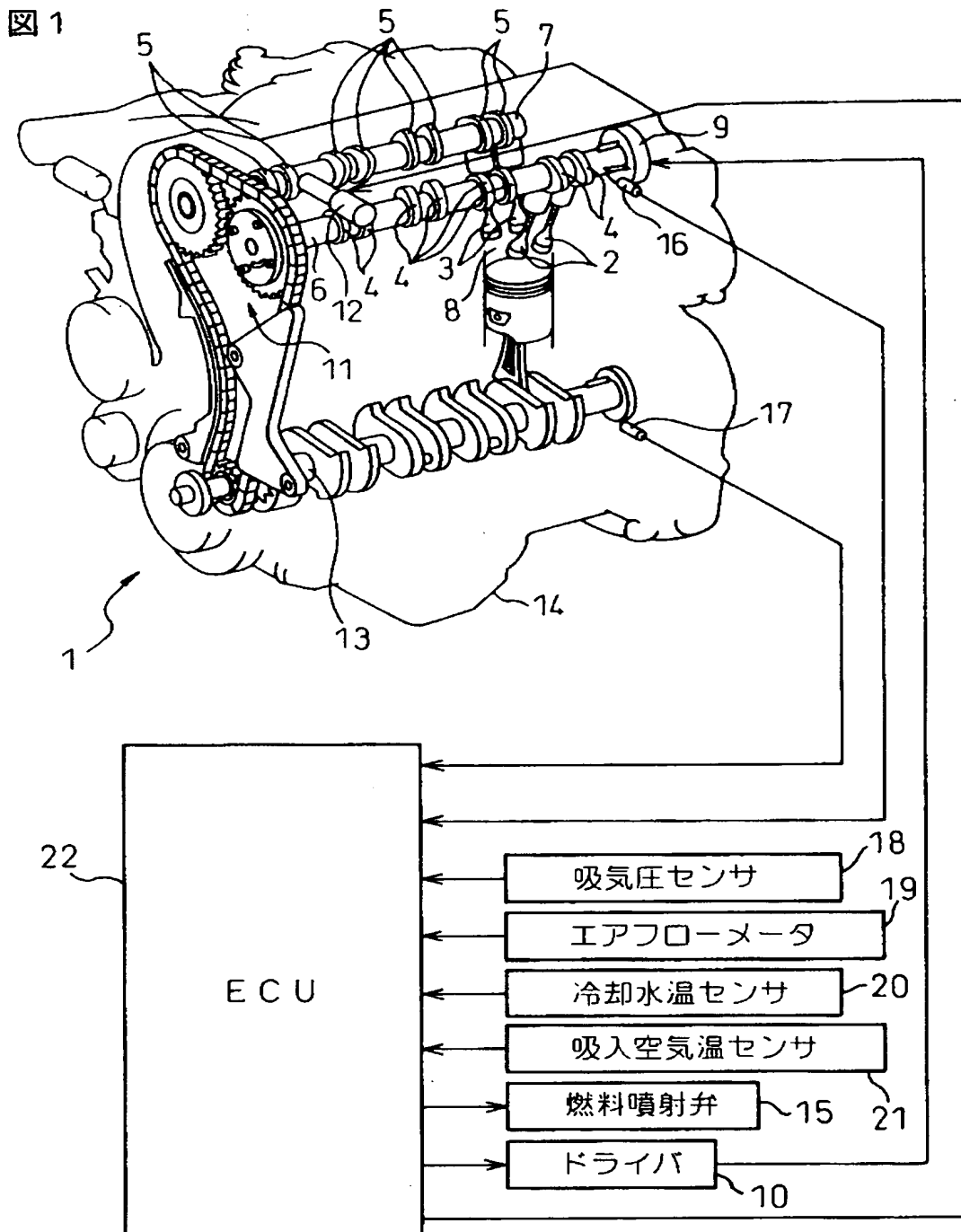
【符号の説明】

- 1…内燃機関本体
- 2…吸気弁
- 3…排気弁
- 4、5…カム
- 6、7…カムシャフト
- 8…燃焼室
- 9…カム移動装置
- 11…開閉タイミングシフト装置
- 16…開弁特性センサ
- 18…吸気圧センサ
- 19…エアフローメータ
- 56…スロットル弁

【書類名】

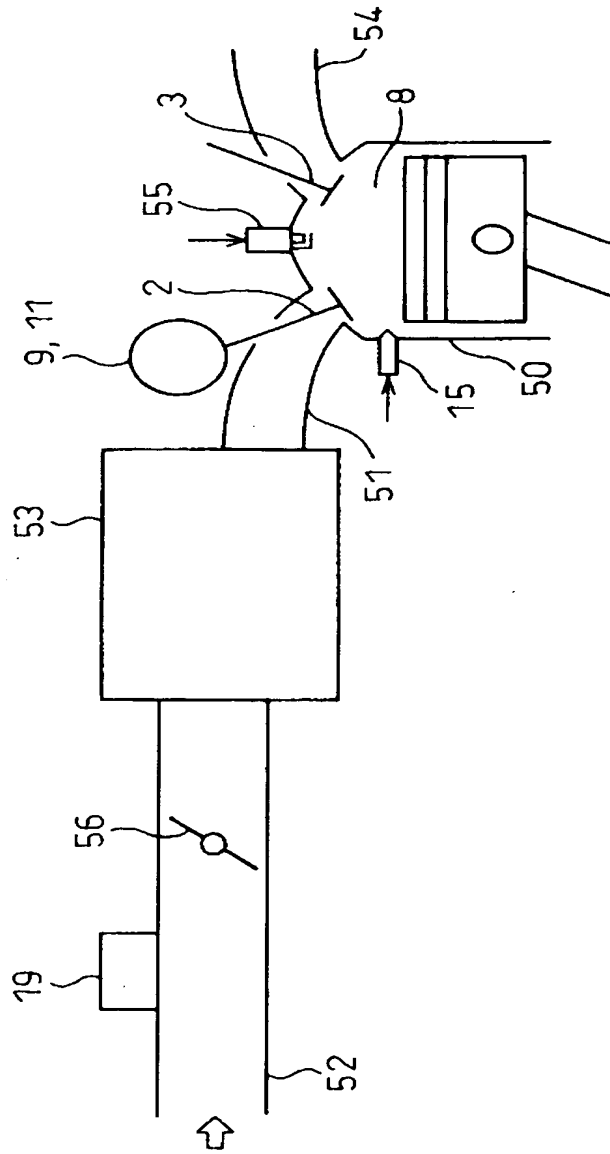
図面

【図 1】



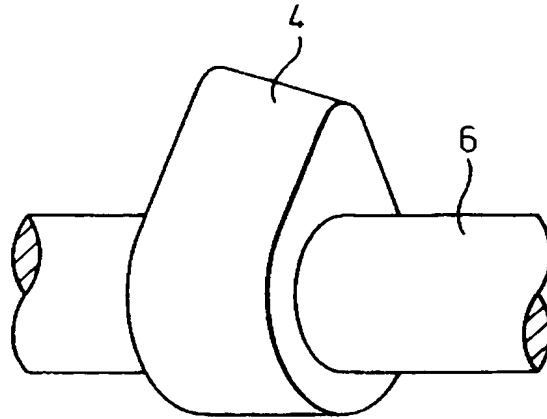
【図 2】

図 2



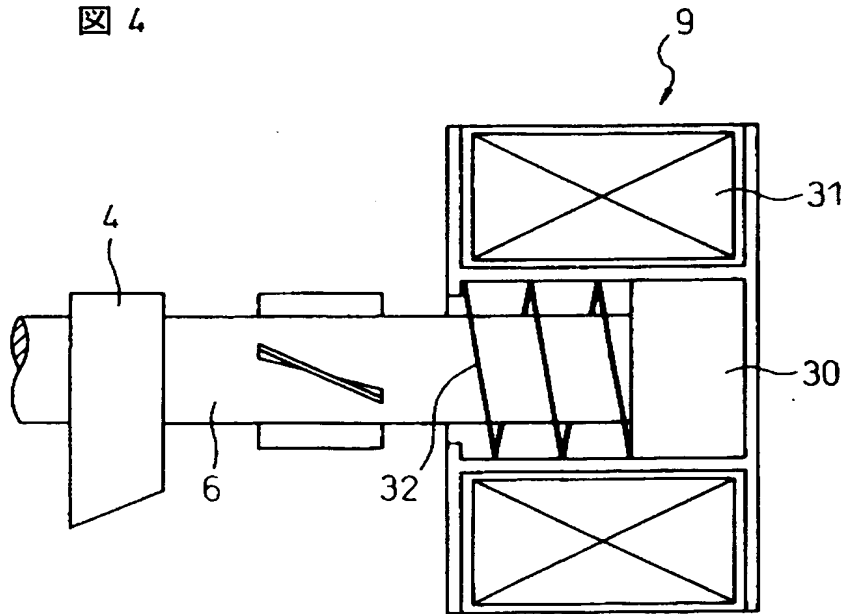
【図 3】

図 3

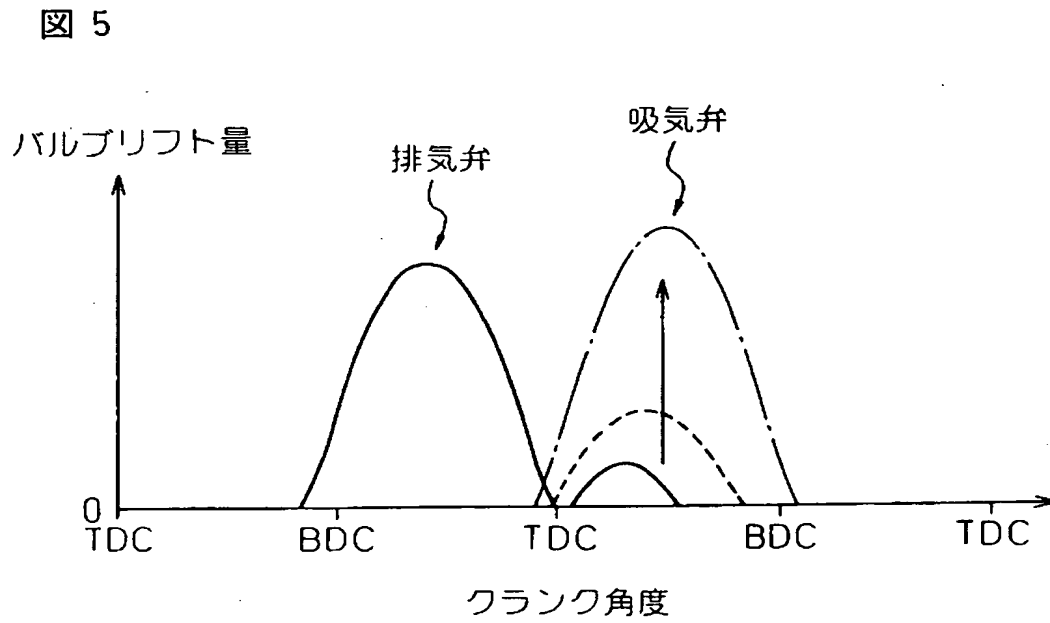


【図 4】

図 4

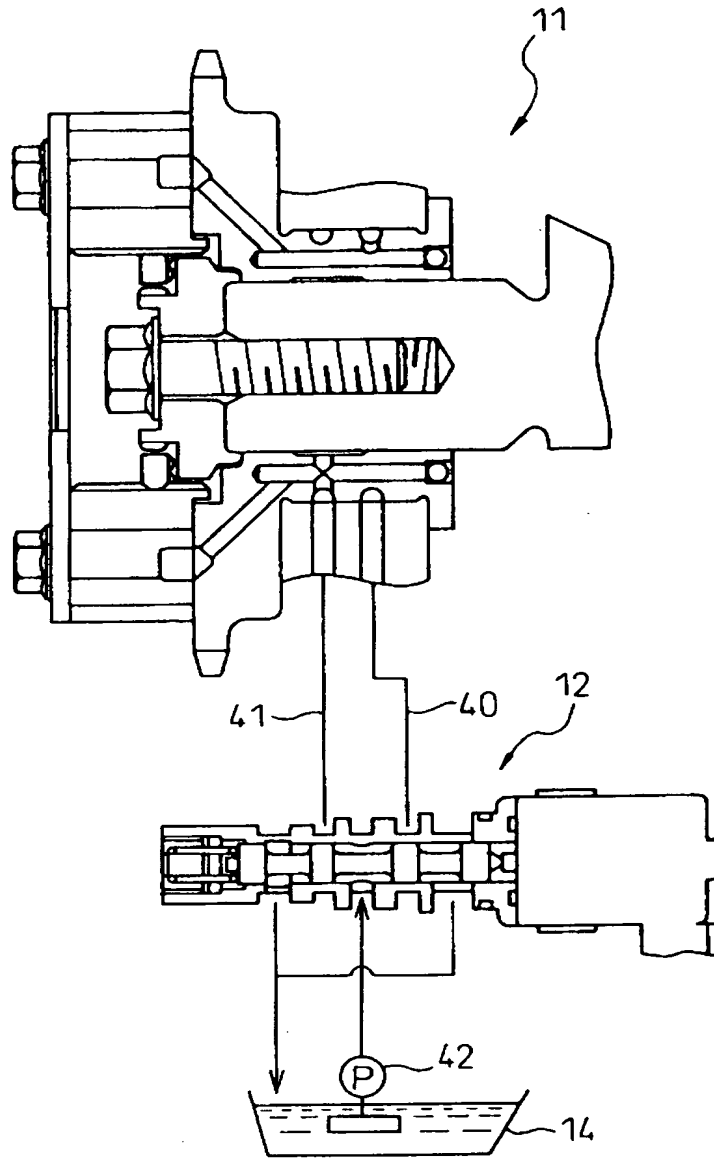


【図 5】



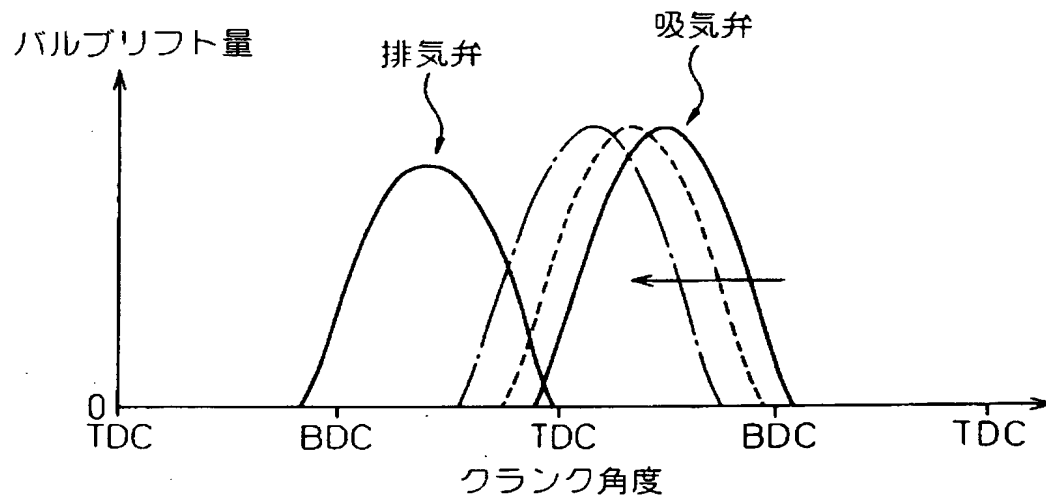
【図 6】

図 6



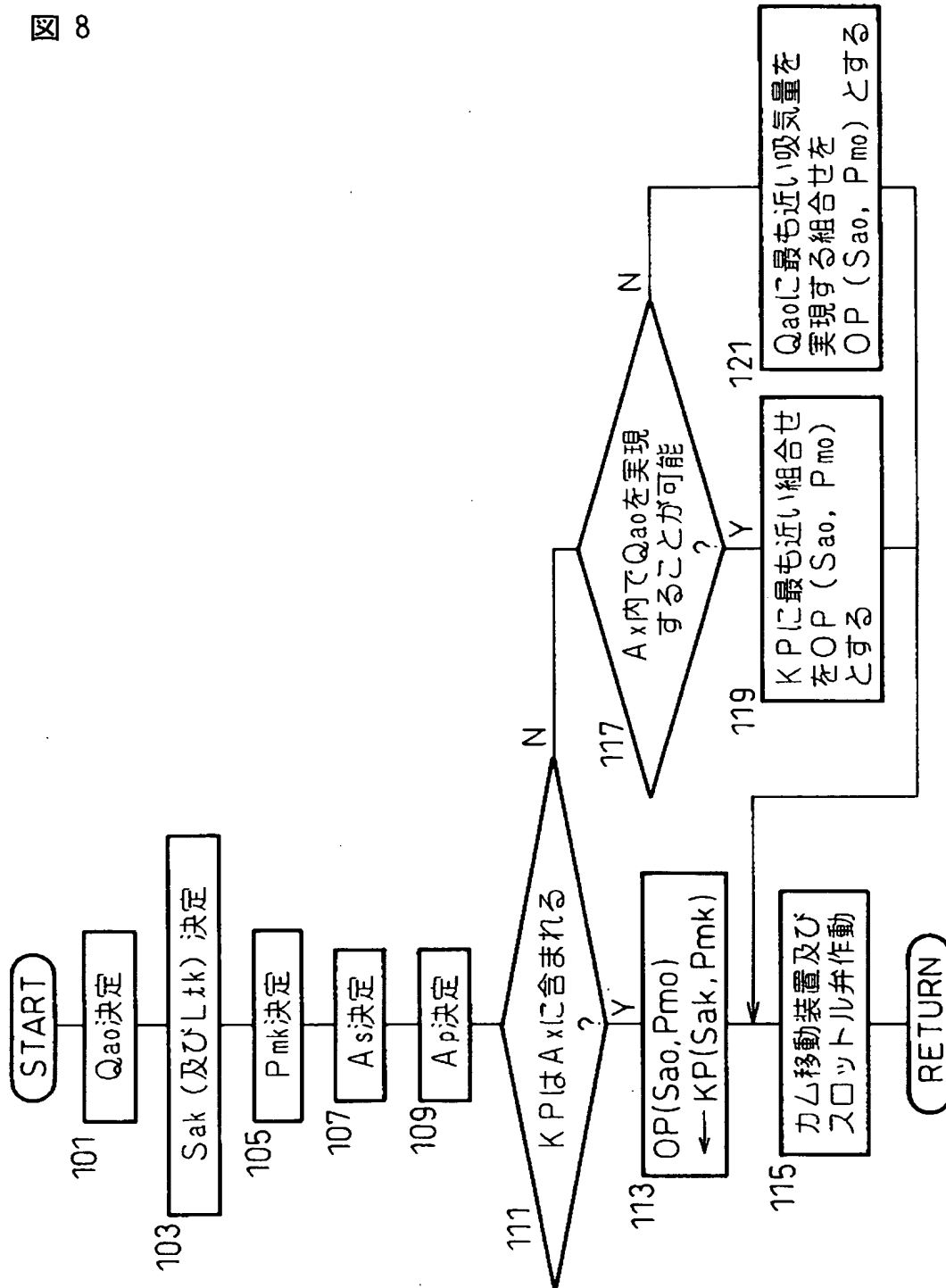
【図 7】

図 7

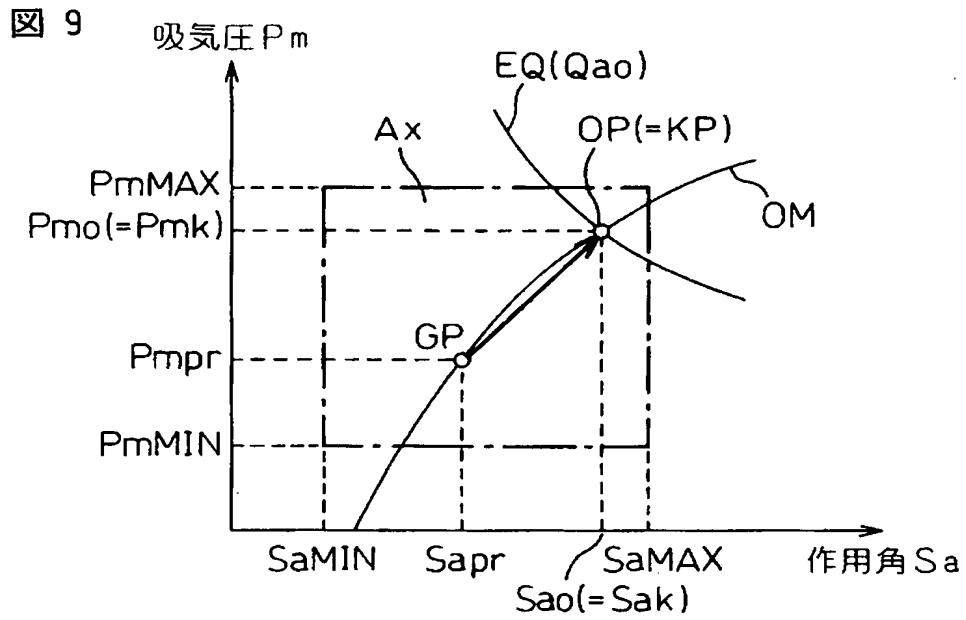


【図 8】

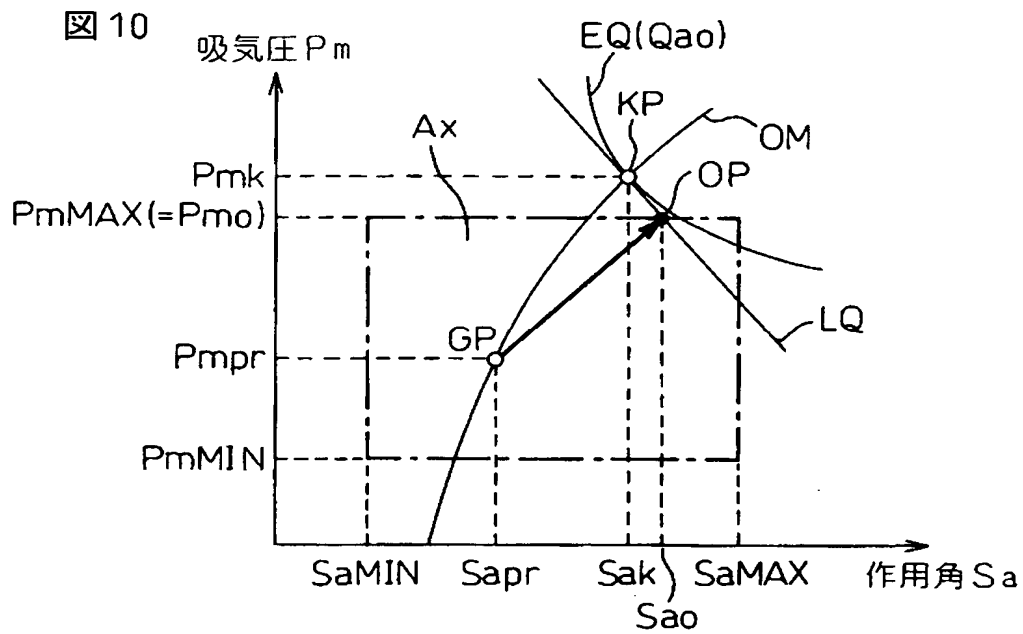
図 8



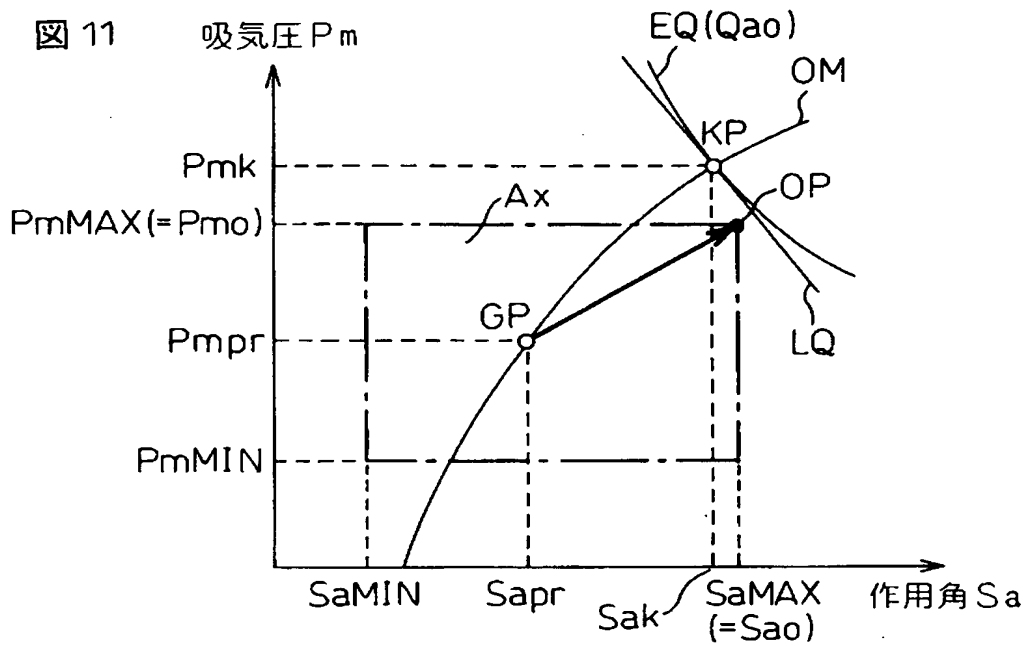
【図 9】



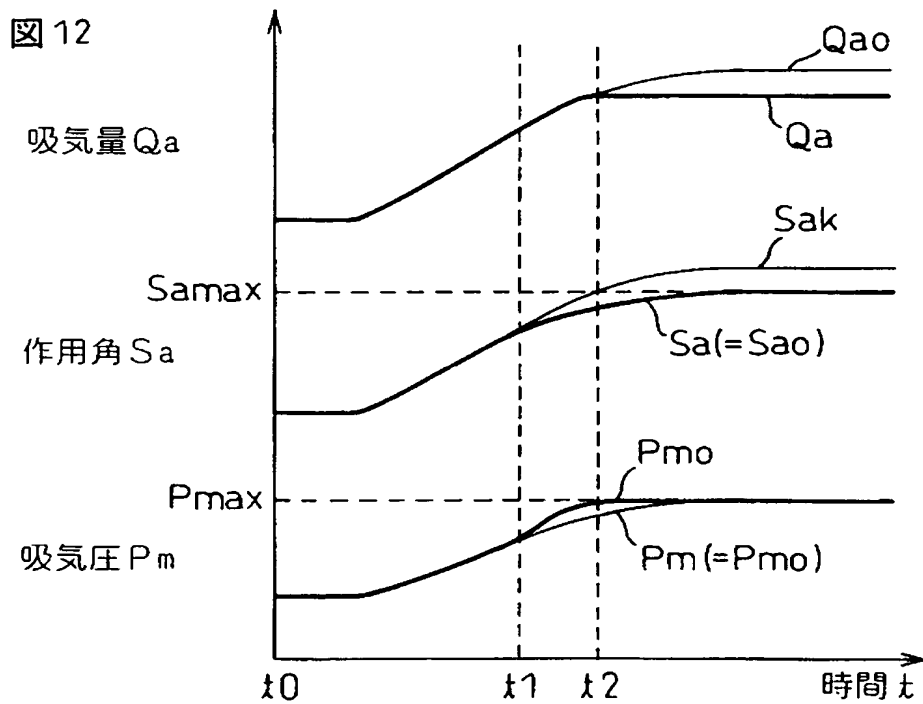
【図 10】



【図 1 1】

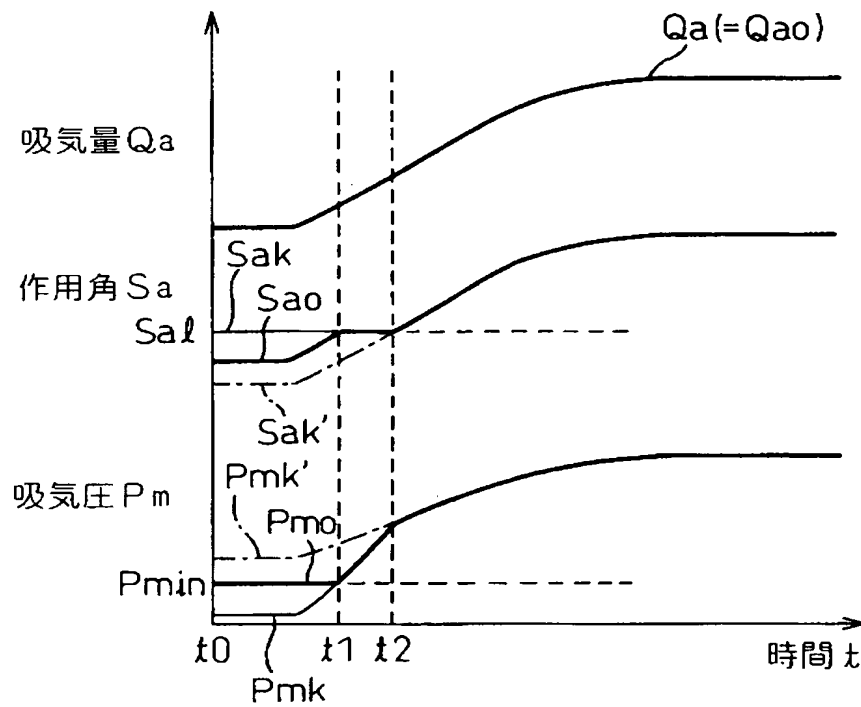


【図 1 2】



【図 13】

図 13






【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 開弁特性と吸気圧とを制御して吸気量を制御する内燃機関の吸気制御装置において、吸気量がより好適に制御される吸気制御装置を提供する。

【解決手段】 開弁特性を制御する開弁特性制御手段 9、11 と、吸気圧を制御する吸気圧制御手段 56 とを有していて、上記開弁特性と上記吸気圧とを制御することによって吸気量を制御する内燃機関の吸気制御装置において、予め定めた時間経過後の目標吸気量を決定する目標吸気量決定手段と、予め定めた時間内に実現可能な開弁特性の範囲を決定する手段と、予め定めた時間内に実現可能な吸気圧の範囲を決定する手段とを有していて、上記開弁特性及び上記吸気圧が、上記開弁特性制御手段 9、11 及び上記吸気圧制御手段 56 によって、上記目標吸気量に基づいて各々の上記実現可能範囲内において設定される目標開弁特性及び目標吸気圧になるように制御される、内燃機関の吸気制御装置が提供される。

【選択図】 図 1



特願 2 0 0 3 - 0 3 3 7 3 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 3 2 0 7]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 7 日

[変更理由]

新規登録

住 所

愛知県豊田市トヨタ町1番地

氏 名

トヨタ自動車株式会社